УДК 628.517.2
DOI 10.23947/2541-9129-2017-2-34-43

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ШУМООБРАЗОВАНИЯ МОСТОВЫМИ КРАНАМИ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ

Б. Ч. Месхи[1], В. А. Бондаренко[2], А. Н. Чукарин[3]

[1]Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

[2,3]Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

bva_rek@rgups.ru
reception@donstu.ru
OPM@rgups.ru

Целью работы является теоретическое исследование процессов шумообразования, создаваемых общей аккустической системой мостовых кранов в производственных помещениях. В работе приведены аналитические зависимости уровней звукового давления на рабочих местах производственного персонала. Выражения октавных уровней звукового давления учитывают акустические характеристики основных источников самих кранов и параметры производственного помещения.
При выводе теоретических зависимостей использованы основные методы технической виброакустики. Результаты исследования являются основой для выбора инженерных решений по обеспечению санитарных норм шума в производственных помещениях.

Ключевые слова: мостовые краны, шум, вибрация, производственное помещение

Введение. Мостовые краны являются типичным оборудованием производственных цехов, открытых и закрытых складов. Они могут иметь крюк или снабжаться грейферами, грузовыми электромагнитами, клещами, лапами и другими специальными грузозахватными устройствами. Необходимо отметить, что большинство исследований по безопасности кранов относится к изучению

UDC 628.517.2
DOI 10.23947/2541-9129-2017-2-34-43

NOISE EMISSION PROCESS MODELING BY OVERHEAD CRANES IN PRODUCTION AREAS

B. Ch. Meskhi[1], V. A. Bondarenko[2], A. N. Chukarin[3]

[1]Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

[2,3]Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russian Federation

bva_rek@rgups.ru
reception@donstu.ru
OPM@rgups.ru

The aim of this work is a theoretical study of noise emission processes created by total acoustic system of overhead cranes in production areas. The paper provides analytical dependencies of sound pressure levels at industrial personnel workplaces. The expressions of octave sound pressure levels take into account the acoustic characteristics of the main sources of the cranes themselves and the parameters of the production premises.
In the derivation of theoretical dependencies the main methods of technical vibroacoustics were used. The results of the study are the basis for selection of engineering solutions to ensure sanitary norms of noise in industrial areas.

Keywords: overhead cranes, noise, vibration, production area

Introduction. Overhead cranes are typical equipment of production workshops, outdoor and indoor storages. They may have a hook or be supplied with grabs, lifting magnets, jaws and claws and other special gripping devices. It should be noted that most studies on cranes safety are the studies of violations of the conditions of operation, malfunction of technical

нарушений условий эксплуатаций, неисправности технических устройств, человеческому фактору [1–4]. Применительно к виброакустическими характеристикам мостовых кранов выполнены исследования спектров шума в кабинах на рабочих местах крановщиков [5–7]. Фактически не изучались акустические характеристики, создаваемые мостовыми кранами внутри производственных помещений. К кранам общего назначения относятся: крюковые, магнитные, грейферные и магнитно-грейферные. Крюковые однобалочные краны (кран-балки) имеют в качестве грузовой тележки самоходную электрическую таль. Особую группу представляют металлургические мостовые краны (в том числе крюковые и закалочные). Грузоподъемность мостовых кранов достигает $5 \cdot 10^5$ Н, пролеты доходят до 50–60 м, высота подъема до 40–50 м и, в специальных исполнениях, до 500 м. Скорости движения составляют: передвижение моста — 0,5–3 м/с; передвижения тележки — 0,17–1 м/с; подъем груза до 1 м/с. Кабина крановщика располагается у края моста, реже — посередине, а при необходимости точной работы — на грузовой тележке (рис. 1).

devices, human factor [1-4]. In respect to vibroacoustic characteristics of bridge cranes the studies of noise spectra in the cabins at crane operators' workplaces are conducted [5-7]. In fact, the acoustic characteristics generated by overhead cranes inside industrial areas were not studied. The cranes of general purpose are: hook cranes, magnetic cranes, clamshell cranes and magnetic-clamshell cranes. Hook single-beam cranes (crane-beams) have mobile electric hoist as trolley. A special group is metallurgical bridge cranes (including hook and hardening ones). Overhead cranes capacity reaches $5 \cdot 10^5$, the spans are up to 50-60 m, lifting height is up to 40-50 m and, in special designs it is up to 500 M. Speed of motion is: the movement of bridge is 0.5–3 m/s; the movement of trolley is 0.17 - 1 m/s; the lifting of loads is up to 1 m/s. Crane cab is located at the edge of the bridge, less commonly — in the middle, and for precise work - on crab (Fig. 1).

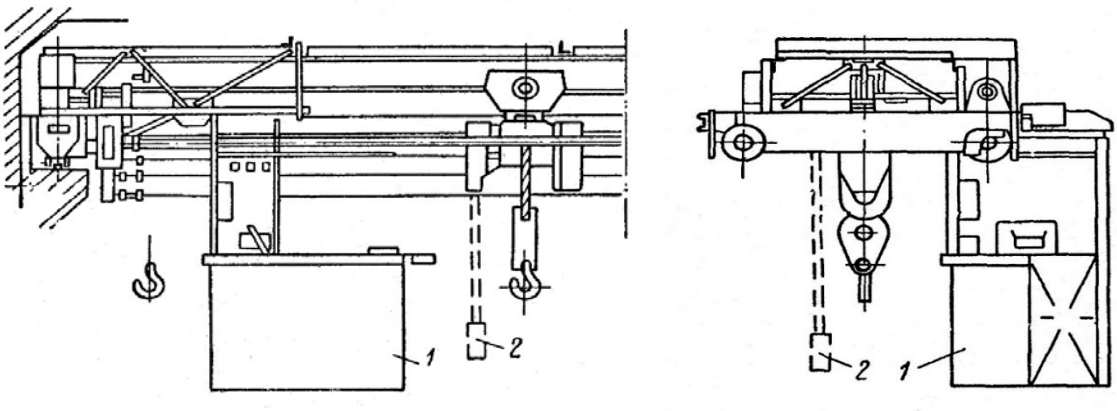

Рис. 1. Схема мостового крана: 1— кабина, 2 — пульт управления

Fig. 1. Overhead crane scheme: 1— cabin, 2 — pendant

Грузовые тележки этих кранов (рис. 2) имеют один или два механизма подъема и механизм передвижения.

Load trolleys of these cranes (Fig. 2) have one or two lifting mechanism and travelling mechanism.

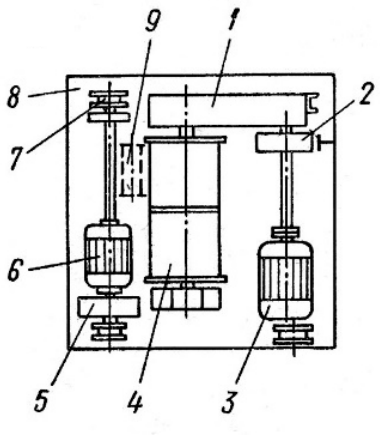

Рис. 2. Схема механизмов тележек мостовых кранов: 1 — редуктор, 2 —тормоз, 3 — двигатель механизма подъема груза, 4 — барабан, 5 — тормоз механизма перемещения, 6 — двигатель механизма перемещения, 7 — муфта, 8 — колесная пара, 9 — дополнительная опора жесткости

Fig. 2. Diagram of overhead cranes trolley mechanism: 1 — reduction gear box, 2 —brake, 3 — lifting mechanism motor, 4 — drum, 5 — travelling mechanism brake, 6 — travelling mechanism motor, 7 — coupling, 8 — wheel pair 9 — additional stiffness support

К металлургическим мостовым кранам относятся мульдо-магнитные, мульдо-завалочные, литейные, для разделывания слитков, колодцевые, с управляемыми клещами, посадочные, с лапами, ковочные и закалочные. Мульдо-магнитные краны имеют тележку с двумя подъемными лебедками для мульдового захвата и для магнита.

Мульдо-завалочные краны имеют главную тележку с подвесом хобота с мульдой на колонне и вспомогательную крюковую тележку. Главная тележка крана состоит из двух основных частей — верхней и нижней. На раме верхней части тележки расположены механизм передвижения, вращения и подъема колонны. Нижняя часть тележки состоит из колонны, на нижней части которой закреплена кабина управления и подвешена рама хобота с механизмом вращения и качания хобота, и механизма замыкания мульды.

Литейные краны (заливочные и разливочные) имеют главную и вспомогательную тележки.

Грузоподъемность главного подъема крана определяется весом сталеразливочного ковша, наполненного металлом, а вспомогательного

Metallurgical overhead cranes are charging box-magnet cranes, turnaround charging cranes, pouring cranes, ingot-stripping cranes, pit cranes, block cranes with controlled claws, forge and hardening cranes. Charging box-magnet cranes have a trolley with two lifting winches for a charging-box holder and a magnet.

Turnaround charging cranes have a trolley with carrier arm with charging box on the column and a support hook trolley. The main trolley of the crane consists of two main parts — upper and lower. There is traveling mechanism, mechanism for rotation and columns lifting on the frame of the upper part of the trolley. The lower part of the trolley consists of a column, on the bottom of which the control cab is fixed and the frame of the arm with a mechanism for rotation and arm swinging is suspended, and a charging-box locking mechanism.

Pouring cranes (pouring and casting) have a main and a support trolley.

Lifting capacity of the principal load lifting of the crane is determined by weighing the steel-pouring ladle, filled with metal, and of the auxiliary load lifting — the weight of empty

подъема — весом порожнего ковша.

Тележка крана для раздевания слитков состоит из рамы, установленной на балансиры ходовых колес. На раме смонтированы механизмы главного подъема, управления клещей, привод механизма выталкивания и механизм перемещения.

Колодцевые (клещевые) краны имеют вертикальный клещевой захват, при помощи которого захватываются и транспортируются слитки.

Краны с лапами имеют грузовую траверсу с управляемыми (отклоняющимися) лапами и часто с грузовыми электромагнитами.

Краны с управляемыми клещами для транспортировки горячих (до 900°С) и холодных слитков имеют тележку (рис. 3) с поворотной верхней частью, на которой смонтированы механизмы подъема и управления клещами.

bucket.

Ingot-stripping crane trolley consists of a frame mounted on balance-beams of running wheels. On the frame are mounted the mechanisms of the principal load lifting, jaws control, pullback mechanism drive and traveling mechanism.

Pit cranes have a vertical grip, with the help of which ingots are picked up and transported.

Claw cranes have a lifting beam with controlled (swinging) claws and often with lifting electromagnets.

Cranes with controlled jaws for transporting hot (up to 900°C) and cold ingots have a trolley (Fig. 3) with a revolving upper structure, on which mechanism for lifting and jaws control is situated.

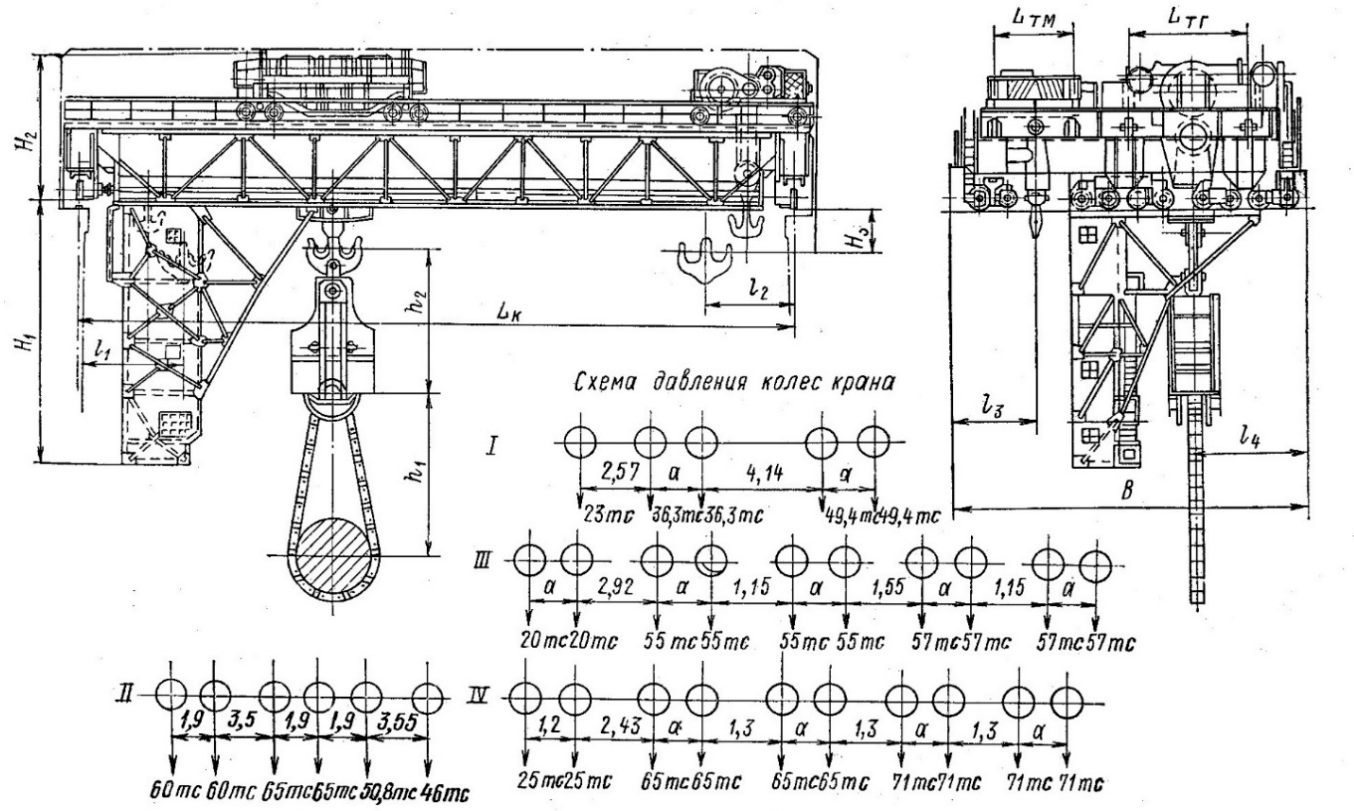

Рис. 3. Схема расположения механизмов на тележке кранас управляемыми клещами

Fig. 3. The scheme of mechanisms on trolley of crane with controlled jaws

Ковочные краны имеют две тележки — главную, с расположенным на крюке кантователем для поворота поковки, и вспомогательную — крюковую (рис. 3).

Закалочные краны отличаются от нормальных крюковых кранов особым механизмом подъема, позволяющим осуществлять значительную и равномерную скорость спуска (в 6–10 раз больше скорости подъема), одинаковую для грузов разного веса.

Несмотря на большое разнообразие типов и конструкций вышеописанных кранов, оценка создаваемых ими акустических характеристик в производственных помещениях может быть выполнена с единых позиций.

Анализ компоновок кранов позволяет выделить источники шума, формирующие акустические характеристики в кабинах на рабочих местах крановщиков. Все источники можно разделить на 3 группы.

1. Внутренние источники — источники, расположенные внутри кабин и излучающие звук в замкнутое пространство. К этим источникам относятся вентиляторы и кондиционеры. Эти источники присущи всем типам кранов.

2. Внешние источники воздушного шума. К ним относятся: двигатели и редукторы механизмов подъема и перемещения практически всех типов кранов, а также шумовой фон в производственных помещениях от работающего оборудования и звуковое излучение рельс при движении крана. Эти источники наиболее характерны для мостовых кранов. Кабины этих кранов находятся в непосредственной близости от механизмов подъема, перемещения и рельсов, по которым перемещаются мостовые краны.

Источником внешнего воздушного шума является также и шумовой фон. Эти источники являются доминирующими для башенных кранов, у которых кабина расположена на достаточно большом расстоянии от механизмов перемещения и подъема.

3. Источники структурного шума, возбуждающие вибрации элементов кабин при движении. Эти источники характерны для мостовых кранов.

Forge cranes have two trolleys — the main one, with the located on the hook tipping device to rotate forgings and the support trolley – the hook one (Fig. 3).

Hardening cranes are different from normal hook ones by a special lifting mechanism permitting substantial and uniform descent speed (6-10 times greater than the speed of lifting); it is the same for loads of different weights.

Despite the large variety of types and designs of the above-described cranes, the assessment of produced by them acoustic characteristics in production areas is quite the same.

The analysis of cranes configurations makes it possible to identify sound sources that form the acoustic characteristics in the cabins at crane operators' workplaces. All sources can be divided into 3 groups.

1. Internal sources — sources located inside the cabin and emitting sound in an enclosed space. These include fans and air conditioners. These sources are common to all types of cranes.

2. External sources of air noise. These include: motors and reducers of mechanisms of lifting and moving of almost all types of cranes, as well as background noise in industrial environments from operating equipment and sound radiation of the rail when moving the crane. These sources are most typical for overhead cranes. The cabins of these cranes are situated in close vicinity to mechanisms of lifting, traveling and rails, which move overhead cranes.

The background noise is also the source of external airborne noise. These sources are dominant for tower cranes, in which the cabin is located far enough away from the mechanisms of movement and lifting.

3. Sources of structural noise, causing vibration of elements of the cabin in motion. These sources are typical for overhead cranes.

Следует отметить, что шумовой фон в производственных помещениях, шумовые характеристики двигателей и редукторов следует отнести к случайным величинам, имеющим значительную величину дисперсии. Теоретическая оценка спектров шума таких источников практически невозможна в условиях предприятий-потребителей кранов. В этом случае для акустических расчетов кабин целесообразно использовать максимальные октавные уровни звукового давления, полученные на основе статистических данных.

Исходя из анализа компоновок кранов можно предположить, что источниками их шума являются рельсы, узлы колесных пар, тележка, редукторы механизмов подъема и перемещения. Таким образом, моделирование виброакустической динамики гаммы мостовых кранов может быть выполнено с единых позиций.

Звуковая энергия акустической системы мостового крана излучается во внутренний воздушный объем производственного помещения.

В этом случае уровни звукового давления определяются известной формулой (1) [8–9].

$$L_{P_i} = L_{W_i} + 10\,lg\left(\frac{2}{\pi r^2} + \frac{4}{B_{\text{пом}}}\right), \qquad (1)$$

где L_{P_i} — уровни звукового давления, дБ; L_{W_i} — уровни звуковой мощности, излучаемой источником, дБ; r — расстояние между акустическим центром источника и расчетной точкой, м; $B_{\text{пом}}$ — постоянная помещения, м^2.

С учетом особенностей расположения мостовых кранов в производственных помещениях зависимость (1) приведена к следующему виду:

$$L_{P_i} = L_{W_i} + 10\,lg\left(\frac{0{,}15}{\pi r^2} + \frac{1-\bar{\alpha}_i^f}{\sum \alpha_i^f S_i}\right) + 6, \quad (1)$$

где $\bar{\alpha}_i^f$ — среднее значение коэффициента звукопоглощения производственного помещения; α_i^f и S_i — коэффициент звукопоглощения и площадь, м^2, соответствующего участка производственного помещения.

It should be noted that background noise in industrial environments, noise characteristics of engines and reduction gear boxes should be attributed to random variables having significant variance. Theoretical evaluation of the noise spectra of such sources is practically impossible in the conditions of the consumer. In this case, for the acoustic calculations of the cabins it is advisable to use maximum octave sound pressure levels obtained on the basis of statistical data.

Based on the analysis of cranes configurations it is possible to assume that sources of noise are rails, wheel sets, trolleys, lifting and traveling mechanisms reduction gear boxes. Thus, modeling the vibroacoustic dynamics of overhead cranes can be made alike.

Sound energy of the acoustic system of an overhead crane is emitted to the internal air volume of the production premises.

In this case, the sound pressure levels are determined by the known formula (1) [8-9].

$$L_{P_i} = L_{W_i} + 10\,lg\left(\frac{2}{\pi r^2} + \frac{4}{B_{\text{пом}}}\right), \qquad (1)$$

where L_{P_i}— sound pressure levels, dB; L_{W_i} — sound power levels emitted by the source, dB; r — the distance between the acoustic center of the source and the calculation point, m; $B_{\text{пом}}$— premises constant, m^2.

Having taken into account the place of overhead cranes in industrial premises the dependence (1) is given by the following form:

$$L_{P_i} = L_{W_i} + 10\,lg\left(\frac{0{,}15}{\pi r^2} + \frac{1-\bar{\alpha}_i^f}{\sum \alpha_i^f S_i}\right) + 6, \quad (2)$$

where $\bar{\alpha}_i^f$ is the average value of absorption coefficient of the production premises; α_i^f and S_i - the absorption coefficient and the area, m^2, of the area of the production premises.

Компоновка и геометрические размеры основных элементов мостовых кранов определяют выбор моделей источников шума и сводят их к следующим.

Для рельса, оси колесной пары, элементов рамы тележки, как источников шума, целесообразно использовать линейный источник. Уровни звуковой мощности этих источников определяются следующими зависимостями:

Рельсы и элементы рамы мостового крана (3):

— при $0{,}02f_k h_p \cos\beta < 1$:

$$L_{W_p} = 20\lg f_k + 10\lg B h_p V_k S_p \cdot \cos\beta + 106; \quad (3)$$

— при $0{,}02f_k h_p \cos\beta \geq 1$:

$$L_{W_p} = 10\lg B V_k S_p + 5\lg f_k h_p \cos\beta + 135. \quad (3.1)$$

где β — угол излучения; f_k — собственные частоты колебаний источника, Гц; h_p — высота рельса или элемента рамы мостового крана, м; V_k — собственная частота колебаний источника, м/с; S_p — площадь поверхности источника, м/с; B — функция, учитывающая распределение скорости колебаний источника по его поверхности, которая по данным работы [10] приведена к виду:

$$B = \int_0^l V_k(z) e^{-i0{,}02 f_k z}\, \beta dz.$$

Оси колесной пары (4):

— при $0{,}02f_k Д_0 < 1$:

$$L_{W_0} = 20\lg f_k Д_0 + 10\lg B V_k l \cos\beta + 120; \quad (5)$$

— при $0{,}02f_k Д_0 \geq 1$:

$$L_{W_0} = 5\lg f_k + 15\lg Д_0 + 10\lg B V_k l \cos\beta + 144; \quad (4.1)$$

где $Д_0$ — диаметр оси колеса, м.

Колеса (5):

$$L_{W_k} = 20\lg V_k + 10\lg(0{,}5Д_k + h_k)\, k + 174; \quad (7)$$

где $Д_k$ — диаметр колеса, м; h_k — толщина обода колеса, м; k — коэффициент, определяющий собственную частоту колебания.

Собственные частоты колебаний рельса, как жесткозащемленной стальной детали, определяются следующим выражением:

The arrangement and dimensions of the main elements of overhead cranes determine the choice of models of noise sources and restrict them to the following.

For rail, the axis of the wheel set, trolley frame elements, as sources of noise, it is advisable to use a linear source. Sound power levels of these sources are determined by the following dependencies:

Rails and parts of the overhead crane frame (3):

— at $0{,}02f_k h_p \cos\beta < 1$:

$$L_{W_p} = 20\lg f_k + 10\lg B h_p V_k S_p \cdot \cos\beta + 106; \quad (4)$$

— at $0{,}02f_k h_p \cos\beta \geq 1$:

$$L_{W_p} = 10\lg B V_k S_p + 5\lg f_k h_p \cos\beta + 135. \quad (3.1)$$

where β is the angle of radiation; f_k— natural frequencies of the source, Hz; $h_p$is the height of the rail or frame element of the overhead crane, m; V_k— natural frequency of the source fluctuations, m/s; S_p— the surface area of the source, m/s; B — the function that takes into account the distribution of fluctuations speed of the source over its surface, which according to the work [10] is reduced to the form:

$$B = \int_0^l V_k(z) e^{-i0{,}02 f_k z}\, \beta dz.$$

The axis of the wheel pair (4):

— at $0{,}02f_k Д_0 < 1$:

$$L_{W_0} = 20\lg f_k Д_0 + 10\lg B V_k l \cos\beta + 120 \quad (6)$$

— at $0{,}02f_k Д_0 \geq 1$:

$$L_{W_0} = 5\lg f_k + 15\lg Д_0 + 10\lg B V_k l \cos\beta + 144; \quad (4.1)$$

Where $Д_0$ — axis diameter of the wheel, m.

The wheels (5):

$$L_{W_k} = 20\lg V_k + 10\lg(0{,}5Д_k + h_k)\, k + 174; \quad (8)$$

where $Д_k$ — wheel diameter, m; h_k — thickness of rim, m; k — coefficient that determines natural frequency of oscillation.

The natural frequencies of the rail, as hard clamped steel detail, are determined by the following expression

$$f_k = 625\left(\frac{2k-1}{l_1}\right)^2\sqrt{\frac{y}{F}};\qquad (9)$$

где l_1 — расстояние между точками крепления рельса, м; y и F — момент инерции, м^4 и площадь поперечного сечения рельса, м^2.

Собственные частоты колебаний оси колеса как балки круглого сечения на двух опорах определяются как:

$$f_k = 625\left(\frac{k}{l}\right)^2 Д_0.\qquad (10)$$

С учетом этих выражений, зависимости уровней звуковой мощности примут вид:

— двух рельс при $0{,}02 f_k h_p < 1$:

$$L_{w_p} = 40lg\frac{2k-1}{l_1} + 10lg\frac{I}{F} + \\ +10lgBh_pV_kS_pcos\beta + 173\qquad (8)$$

— двух рельс при $0{,}02 f_k h_p \geq 1$:

$$L_w = 10lg\frac{2k-1}{l_1} + 2{,}5lg\frac{I}{F} + 5lgh_pcos\beta + \\ +10lgBV_kS_pcos\beta + 156;\qquad (13)$$

— двух осей колесных пар при $0{,}02 f_k Д_0 < 1$:

$$L_{w_0} = 40lgkД_0 - 30lgl + \\ +10lgBV_kcos\beta + 183;\qquad (15)$$

— двух осей колесной пары при при $0{,}02 f_k Д_0 \geq 1$:

$$L_{w_0} = 40lg\frac{k}{l} + 20lgД_0 + \\ +10lgBV_kcos\beta + 161;\qquad (17)$$

— четырех колес тележки крана:

$$L_{w_k} = 20lgV_k + 10\,lg(0{,}5Д_k + h_k)\,k + 180.\qquad (12)$$

Выводы. Фактический расчет уровней звуковой мощности источников и, соответственно, уровней звукового давления мостового крана в производственном помещении сводится к определению скоростей колебаний отдельных источников на их собственных частотах колебаний, т.е. спектра вибраций отдельных источников. Полученные зависимости являются основой для выбора инженерных решений по обеспечению санитарных норм шума в производственных помещениях, которые включают как снижение звуковой мощности самих источников, так и

$$f_k = 625\left(\frac{2k-1}{l_1}\right)^2\sqrt{\frac{y}{F}};$$

(11)

where l_1— the distance between the points of rail securing, m; y and F = the moment of inertia, m^4 and the cross-sectional area of the rail, m^2.

The natural frequencies of the wheel axle as a beam of circular cross-section on two supports are defined as:

$$f_k = 625\left(\frac{k}{l}\right)^2 Д_0.$$

(12)

Based on these expressions, the dependence of sound power levels will take the form of:

— two rail at $0{,}02 f_k h_p < 1$:

$$L_{w_p} = 40lg\frac{2k-1}{l_1} + 10lg\frac{I}{F} + \\ +10lgBh_pV_kS_pcos\beta + 173\qquad (8)$$

— two rail at $0{,}02 f_k h_p \geq 1$:

$$L_w = 10lg\frac{2k-1}{l_1} + 2{,}5lg\frac{I}{F} + 5lgh_pcos\beta + \\ +10lgBV_kS_pcos\beta + 156;\qquad (14)$$

— two axes of wheel pairs at $0{,}02 f_k Д_0 < 1$:

$$L_{w_0} = 40lgkД_0 - 30lgl + \\ +10lgBV_kcos\beta + 183;\qquad (16)$$

— two axes of a wheel pair at $0{,}02 f_k Д_0 \geq 1$

$$L_{w_0} = 40lg\frac{k}{l} + 20lgД_0 + \\ +10lgBV_kcos\beta + 161;\qquad (18)$$

— four wheels of crane trolley:

$$L_{w_k} = 20lgV_k + 10\,lg(0{,}5Д_k + h_k)\,k + 180.\qquad (12)$$

Conclusions. The actual calculation of sound power levels of sources and therefore the sound pressure levels of overhead crane in production premises is reduced to the determination of vibration velocity of individual sources on their natural frequencies, i.e. the spectrum of vibrations of the individual sources. The obtained dependences are the basis for selection of engineering solutions to ensure sanitary norms of noise in industrial premises, which include reduction of sound power of the sources themselves, as well as the choice of sound-

выбор звукопоглощающих материалов стен производственных помещений.

Библиографический список

1. Короткий, А. А. Оценка безопасности эксплуатации системы «кран — рельсовый путь» параметрами риска / А. А. Короткий, Д. Н. Симонов, В. С. Котельников // Безопасность труда в промышленности. — 1997. — №3. — С. 25–27.

2. Котельников, В. С. Основные причины аварийности и травматизма при эксплуатации кранов и подъемных сооружений / В. С. Котельников // Подъемно-транспортное оборудование. — 2001. — № 9. — С. 26–28.

3. Короткий, А. А. Оценка риска человеческого фактора в системе «персонал –подъемные механизмы–производственная среда» на предприятиях машиностроения / А. А. Короткий, Е. В. Егельская // Вестник Донского гос. техн. ун-та. — 2015. — Т.15. — №1(80). — С.131–137.

4. Промышленная безопасность при эксплуатации подъемных сооружений: Сборник документов. Серия 10. Вып. 9 // Коллект. авт. — Москва : ГГТН РФ. — 2001. — 232 с.

5. Раздорский, С. А. Звуковое излучение рельсов при движении мостового крана/ С. А. Раздорский // Проектирование технологического оборудования : межвуз. сб. науч. тр. под ред. А. Н. Чукарина. — Ростов-на-Дону : ГОУ ДПО «ИУИ АП», 2006. — Вып. 4. — С. 17–24.

6. Раздорский, С. А. Закономерности формирования спектров шума в кабинах мостовых кранов от воздействия источников воздушного шума / С. А. Раздорский, И. Е. Вилинов // Вестник Донского гос. техн. ун-та. — 2008. — Т.8., №4 (39).— С. 492–499.

7. Раздорский, С. А. Методика расчета структурного шума в кабине мостового крана // С. А. Раздорский «Известия ИУИ

absorbing materials for the walls of industrial premises.

References:

1. Korotkiy, A.A., Simonov, D.N., Kotelnikov, V.S. Otsenka bezopasnosti ekspluatatsii sistemy “kran – reД’sovyy put’” parametrami riska. [Evaluation of operational safety of the system "crane — rail track" by risk parameters.] Bezopasnost’ truda v promyshlennosti, 1997, no. 3, pp. 25-27 (in Russian).

2. Kotelnikov, V.S. Osnovnye prichiny avariynosti i travmatizma pri ekspluatatsii kranov i pod’emnykh sooruzheniy. [Main causes of accidents and injuries in the operation of cranes and lifting equipment.] Pod’emno-transportnoe oborudovanie, 2001, no. 9, pp. 26-28 (in Russian).

3. Korotkiy, A.A., Egelskaya, E.V. Otsenka chelovecheskogo faktora v sisteme “personal – pod’emnye mekhanizmy – proizvodstvennaya sreda” na predpriyatiyakh mashinostroeniya. [Human factor risk assessment in the "staff - lifting machines –production environment" in enterprises of mechanical engineering.] Vestnik of Don State Technical University, 2015, vol. 15, no. 1(80), pp. 131–137 (in Russian).

4. Group of authors. Promyshlennaya bezopasnost’ pri ekspluatatsii pod’emnykh sooruzheniy: Sbornik dokumentov. Seriya 10. Vyp. 9. [Industrial safety of lifting equipment: Collection of documents. Series 10. Vol. 9.] Moscow: GGTN RF, 2001, 232 p. (in Russian).

5. Razdorskiy, S.A. Zvukovoe izluchenie rel’sov pri dvizhenii mostovogo krana. [Sound radiation of rails during movement of the bridge crane.] Proektirovanie tekhnologicheskogo oborudovaniya: mezhvuz.sb. nauch.tr. pod red. A.N. Chukarina. [Design of production equipment: interuni. proc. by Chukarina A.N.] Rostov-on-Don: GOU DPO "IUI AP", 2006, vol. 4, pp. 17-24 (in Russian).

6. Razdorskaya, S.A., Vilinov, I.E. Zakonomernosti formirovaniya spektrov shuma v kabinakh mostovykh kranov ot vozdeystviya istochnikov vozdushnogo shuma. [Regularities of formation of noise spectra in cabins of bridge cranes from sources of air noise.] Vestnik of Don State Technical University, 2008, vol. 8, no.4 (39), pp. 492-499 (in Russian).

7. Razdorskiy, S.A. Metodika rascheta strukturnogo shuma v kabine mostovogo krana. [Method of calculation of structural noise in

АП». — 2009. — №1–2. — С. 3–7
8. Борисов, Л. П. Звукоизоляция в машиностроении / Л. П. Борисов, Д. Р. Гужас. — Москва : Машиностроение, 1990. — 256 с.
9. Иванов, Н. И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник / Н. И. Иванов. — Москва : Университетская книга, Логос, 2008. — 424 с.
10. Чукарин, А. Н. Теория и методы акустических расчетов и проектирования технологических машин для механической обработки / А. Н. Чукарин. — Ростов-на-Дону : издательский цент ДГТУ, 2005. — 152 с.

Поступила в редакцию 27.02.2017
Сдана в редакцию 27.02.2017
Запланирована в номер 20.03.2017

Месхи Бесарион Чохоевич,
доктор технических наук, профессор, ректор Донского государственного технического университета, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды», (РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

Бондаренко Вероника Александровна,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Основы проектирования машин»Ростовского государственного университета путей сообщения (РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2)
bva_rek@rgups.ru.

Чукарин Александр Николаевич,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Основы проектирования машин» Ростовского универстата путей и сообщения (РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2)
OPM@rgups.ru

cabins of bridge cranes.] Izvestiya IYI AP, 2009, no.1-2, pp. 3-7 (in Russian).
8. Borisov, L.P., Guzhas, D.R. Zvukoizolyatsiya v mashinostroenii. [Soundproofing in engineering.] Moscow: Mashinostroenie, 1990, 256 p. (in Russian).
9. Ivanov, N.I. Inzhenernaya akustika. Teoriya i praktika bor'by s shumom: uchebnik. [Engineering acoustics. Theory and practice of noise control: a tutorial.] Moscow: Universitetskaya kniga, Logos, 2008, 424 p.
10. Chukarin, A.N. Teoriya i metody akusticheskikh raschetov i proektirovaniya tekhnologicheskikh mashin dlya mekhanicheskoy obrabotki. [Theory and methods of acoustic calculation and designing of technological machines for mechanical processing.] Rostov-on-don: Izdat. tsentr DSTU, 2005, 152 p. (in Russian).

Received 27.02.2017
Submitted 27.02.2017
Scheduled in the issue 20.03.2017

Besarion Chokhoyevich Meskhi,
Doctor of Technical Science, Professor, Rector, Head of the life and environment protection Department, Don State Technical University (Gagarin sq., 1, Rostov-on-Don, Russian Federation)

Veronica Aleksandrovna Bondarenko,
Candidate of Technical Science, Associate Professor of "Fundamentals of Machine Design" Rostov State Transport University (Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., 2, Rostov-on-Don, Russian Federation)
bva_rek@rgups.ru.

Alexander Nikolaevich Chukarin,
Doctor of Technical Sciences,professor, Head of Department "Fundamentals of Machine Design" Rostov State Transport University (Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., 2, Rostov-on-Don, Russian Federation)
OPM@rgups.ru